

Sławomir HALUSIAK

Politechnika Łódzka  
Instytut Konstrukcji Maszyn

## WPLYW SPOSOBU OBCIĄŻENIA SIECI NA PRACĘ GENERATORA STAŁEGO CIŚNIENIA

Słowa kluczowe: sieć stałociśnieniowa, generator stałego ciśnienia, napęd hydrostatyczny.

Streszczenie. W referacie przedstawiono model generatora stałego ciśnienia współpracującego z odbiornikiem mocy, zamodelowanym w postaci różnego rodzaju odpływów cieczy z sieci. Odpływ cieczy wprowadzono w postaci: wymuszenia skokowego, fali prostokątnej, wymuszenia liniowego. Dokonano oceny wpływu wymienionych wyżej wymuszeń oraz współczynników wzmocnienia i stałych czasowych członów, wchodzących w skład układu, na zachowanie dynamiczne generatora stałego ciśnienia. W ocenie wzięto pod uwagę przebiegi czasowe ciśnienia w sieci oraz wydajności pompy.

### 1. WSTĘP

Rozwój napędów hydraulicznych wskazuje na celowość zasilania odbiorników z sieci stałociśnieniowej. Stałe ciśnienie w sieci utrzymywane jest dzięki pracy generatora stałego ciśnienia. Elementami składowymi generatora są: pompa o zmiennej wydajności z zespołem zmiany wydajności, regulator ciśnienia, akumulator hydrauliczny. Zastosowanie sieci stałociśnieniowej do zasilania jednostek hydraulicznych daje następujące korzyści:

- możliwość zasilania z jednej pompy wielu silników hydraulicznych,
- niewielkie zmiany ciśnienia w warunkach dynamicznych (większa trwałość jednostek hydraulicznych),
- dobra sterowalność prędkościami ruchów roboczych odbiorników,
- możliwość odzyskiwania energii od układu.

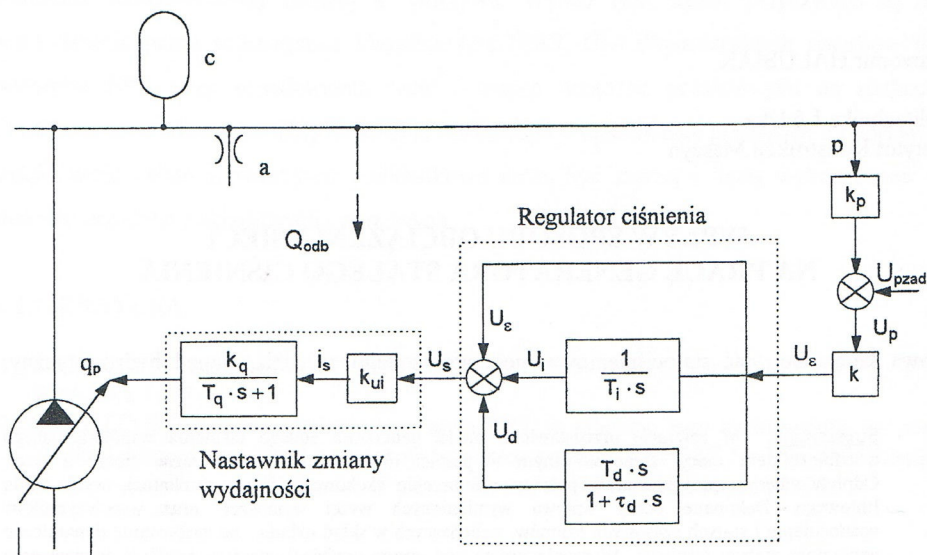
W referacie przedstawiony został model sieci stałociśnieniowej z regulatorem ciśnienia typu PID oraz z nastawnikiem wydajności zamodelowanym jako człon inercyjny I-go rzędu. Odbiornik mocy, współpracujący z siecią, zamodelowano jako odpływ cieczy

z sieci. Przeprowadzono badania symulacyjne przedstawiające pracę generatora stałego ciśnienia przy różnych sposobach zakłóceń.

W opisie matematycznym układu zastosowano równania ruchu Newtona, równanie bilansu przepływu oraz znane w automatyce równania różniczkowe.

## 2. MODEL SIECI STAŁOCIŚNIENIOWEJ

W modelu sieci uwzględniono przecieki i podatność hydrauliczną, przyjęto stałą prędkość obrotową wału pompy, uwzględniono akumulator poprzez zwiększenie pojemności hydraulicznej sieci. Schemat układu przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Schemat układu z generatorem stałego ciśnienia.

W modelu wzięto pod uwagę następujące parametry:

- a - współczynnik przecieków w sieci hydraulicznej,
- c - pojemność hydrauliczna sieci,
- $k_p$  - współczynnik proporcjonalności ciśnienia,
- k - współczynnik wzmocnienia regulatora PID,
- $k_{ui}$  - współczynnik napięciowo - prądowy,
- $k_q$  - współczynnik proporcjonalności wydajności pompy,
- $T_i$  - czas zdwojenia regulatora PID,
- $T_d$  - czas wyprzedzenia,
- $\tau_d$  - stała czasowa regulatora PID,
- $T_q$  - stała czasowa członu inercyjnego,

Wybrano następujące zmienne stanu:

- $q_p$  - wydajność jednostkowa pompy,
- $p$  - chwilowa wartość ciśnienia w sieci hydraulicznej,
- $U_i$  - sygnał napięciowy członu całkującego,
- $U_d$  - sygnał napięciowy członu różniczkującego.

Opis matematyczny modelu sieci stałociśnieniowej w przestrzeni zmiennych stanu wygląda następująco:

$$\begin{aligned} \frac{dp}{dt} &= \frac{\omega_p}{c} \cdot q_p - \frac{Q_{odb}}{c} - \frac{a}{c} \cdot p \\ \frac{dU_i}{dt} &= \frac{k \cdot (U_{pzad} - k_p \cdot p)}{T_i} \\ \frac{dU_d}{dt} &= \frac{-k \cdot k_p \cdot \left( \frac{\omega_p}{c} \cdot p - \frac{Q_{odb}}{c} - \frac{a}{c} \cdot p \right) \cdot T_d - U_d}{\tau_d} \\ \frac{dq_p}{dt} &= \frac{k_q \cdot k_{ui} \cdot [k \cdot (U_{pzad} - k_p \cdot p) + U_i + U_d]}{T_q} - \frac{1}{T_q} \cdot q_p \end{aligned} \quad (1)$$

gdzie:  $U_{pzad}$  - sygnał napięciowy ciśnienia zadanego.

Wymuszeniem w układzie jest  $Q_{odb}$  - odpływ cieczy z sieci.

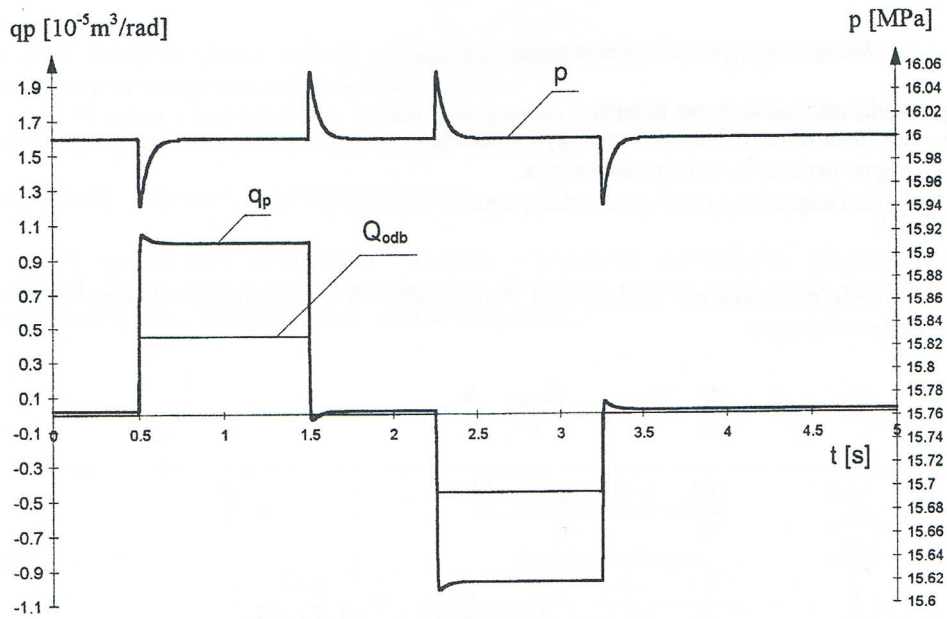
### 3. BADANIA SYMULACYJNE

W badaniach symulacyjnych wzięto pod uwagę następujące rodzaje wymuszeń:

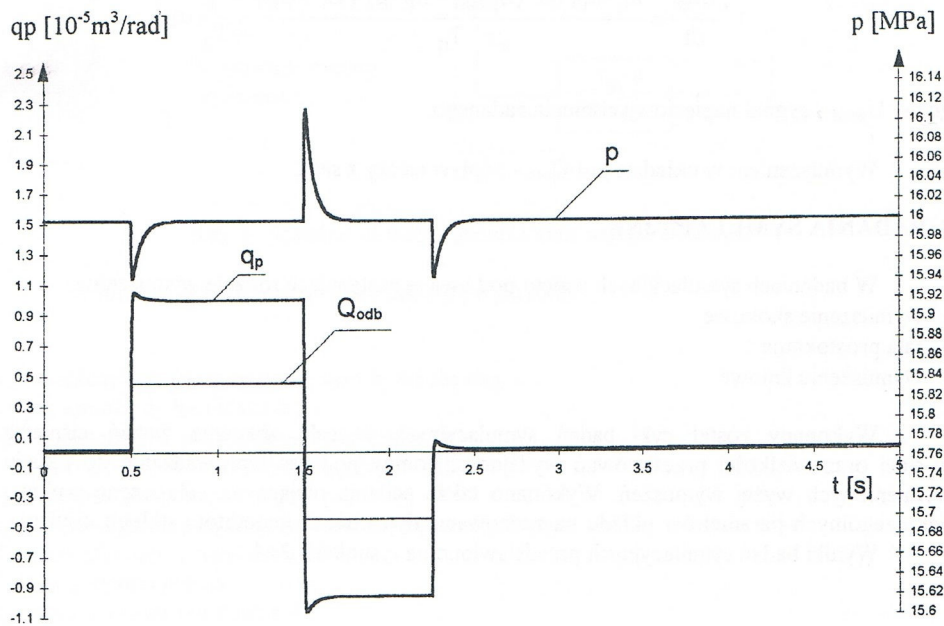
- wymuszenie skokowe
- fala prostokątna
- wymuszenie liniowe

Wykonany został cykl badań symulacyjnych w celu zbadania wahań ciśnienia w sieci oraz wielkości przesterowań wydajności pompy podczas wprowadzania do układu wymienionych wyżej wymuszeń. Wykonano także badania mające na celu ocenę wpływu poszczególnych parametrów układu na zachowanie dynamiczne generatora stałego ciśnienia.

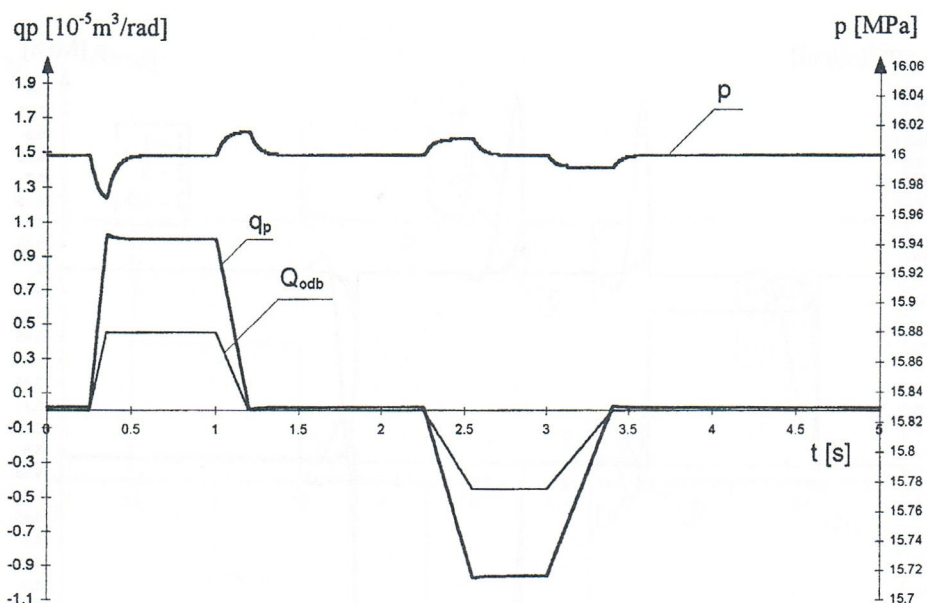
Wyniki badań symulacyjnych przedstawiono na rysunkach 2÷4.



Rys. 2. Odpowiedź układu na wymuszenie skokowe.



Rys.3. Odpowiedź układu na wymuszenie w postaci fali prostokątnej.



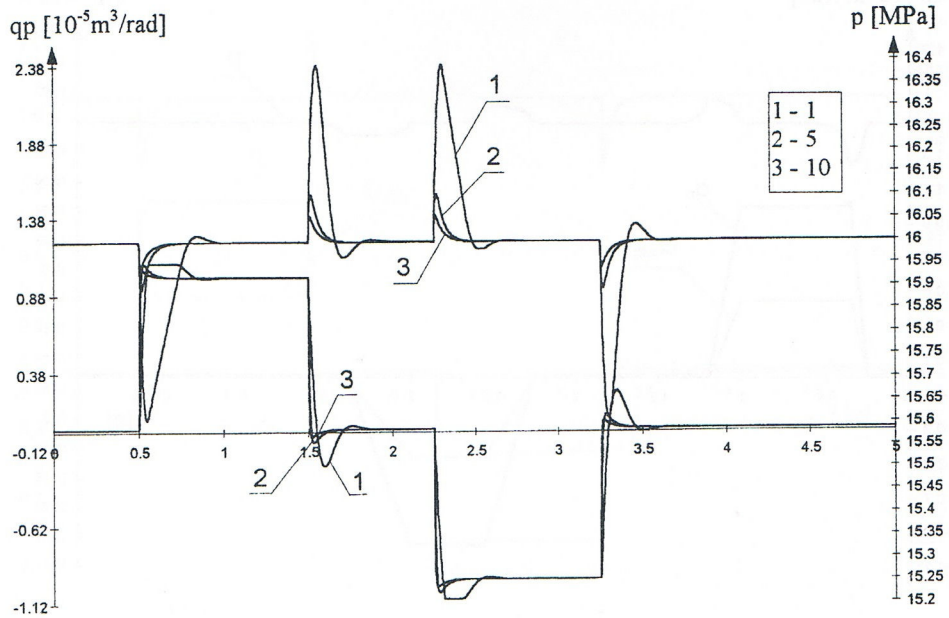
Rys. 4. Odpowiedź układu na wymuszenie liniowe dla czasów ruchów niestabilnych  $t_r = 0.1; 0.2; 0.3; 0.4$  s

Przeprowadzono badania polegające na obserwacji zachowania się układu obciążonego impulsowym odpływem cieczy, po wprowadzeniu zmian wartości współczynników wzmocnienia oraz stałych czasowych. W wyniku badań stwierdzono duży wpływ parametrów regulatora PID na własności generatora stałego ciśnienia. Szczególne znaczenie mają:

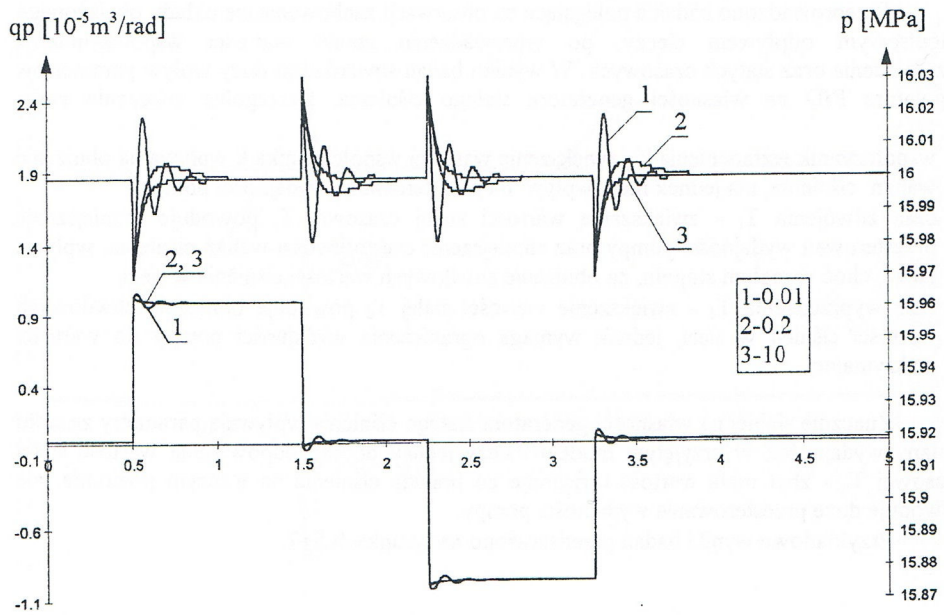
- współczynnik wzmocnienia  $k$  - zwiększenie wartości współczynnika  $k$  wpływa na obniżenie wahań ciśnienia, ma jednak mały wpływ na przesterowania wydajności pompy
- czas zdwojenia  $T_i$  - zwiększanie wartości stałej czasowej  $T_i$  powoduje zmniejszenie przesterowań wydajności pompy oraz zmniejszenie częstotliwości wahań ciśnienia, wpływa także, choć w małym stopniu, na obniżenie chwilowych wartości ciśnienia w sieci.
- czas wyprzedzenia  $T_d$  - zwiększenie wartości stałej  $T_d$  powoduje obniżenie chwilowych wartości ciśnień w sieci, jednak wymaga ograniczenia wydajności pompy do wartości maksymalnej.

Znacznie słabiej na własności generatora stałego ciśnienia wpływają parametry zespołu zmiany wydajności; w przyjętym modelu należy jednak dobrać odpowiednią wartość stałej czasowej  $T_q$  - zbyt mała wartość utrzymuje co prawda ciśnienie na niższym poziomie, ale powoduje duże przesterowania wydajności pompy.

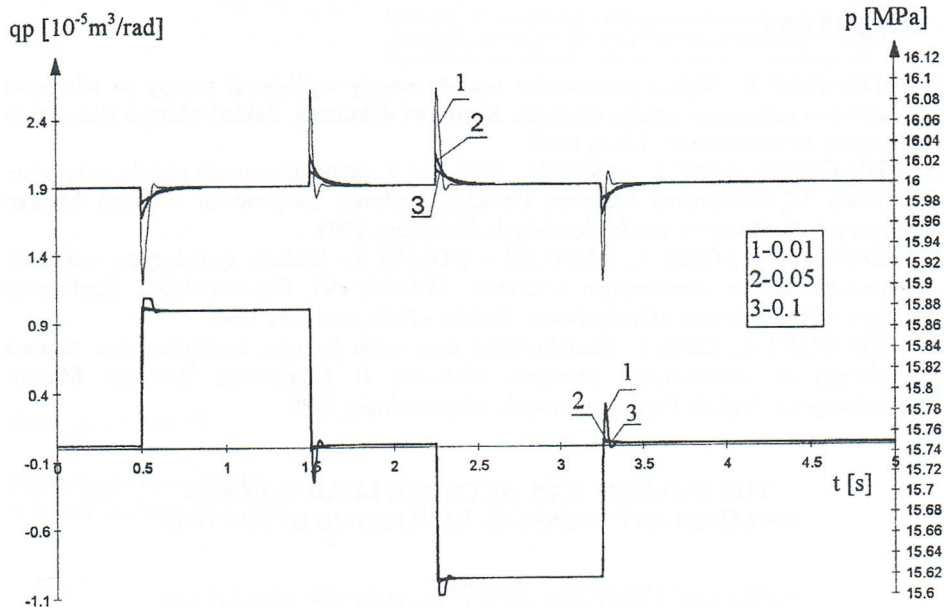
Przykładowe wyniki badań przedstawiono na rysunkach 5÷7.



Rys. 5. Badania symulacyjne. Różne wartości współczynnika wzmocnienia  $k$ .



Rys. 6. Badania symulacyjne. Różne wartości czasu zdwojenia  $T_d$ .



Rys. 7. Badania symulacyjne. Różne wartości czasu wyprzedzenia  $T_d$ .

#### 4. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania modelu sieci stałociśnieniowej umożliwiły sformułowanie następujących wniosków:

1. Omówiony model sieci stałociśnieniowej zapewnia utrzymanie ciśnienia na stałym poziomie, z ewentualnymi wahaniami w granicach kilku procent.
2. Największe wahania ciśnienia występują przy odpływie cieczy w postaci fali prostokątnej oraz wymuszenia skokowego. Taki odpływ wymaga przesterowania wydajności pompy do wartości maksymalnej.
3. Prawidłowa praca generatora stałego ciśnienia w dużym stopniu zależy od właściwego doboru stałych czasowych oraz współczynników wzmocnienia. Dla danego układu, można poprzez badania symulacyjne, dobrać optymalne wartości nastaw aby zminimalizować wahania ciśnienia oraz przesterowania wydajności pompy.
4. W celu uzyskania pełniejszej informacji o pracy generatora stałego ciśnienia należy przeprowadzić dalsze badania dla innych wartości ciśnień nominalnych, rozbudować układ uwzględniając charakterystykę akumulatora, przebudować regulator dążąc do uzyskania jeszcze lepszej pracy układu.

## 5. LITERATURA

- [1] BEDNARSKI S.: Wpływ parametrów zespołu zmiany wydajności pompy na własności dynamiczne generatora stałego ciśnienia. Rozprawa doktorska, Zakład Maszyn Roboczych i napędów hydraulicznych, Łódź, 1996.
- [2] BEDNARSKI S., CINK J., SARYUSZ - WOLSKI T.: Stałociśnieniowe układy napędowe. Materiały VI Konferencji Rozwoju Podstaw, Budowy, Eksploatacji i Badań Maszyn Roboczych Ciężkich - w tym Budowlanych. Zakopane, 1993.
- [3] BEDNARSKI S., CINK J., SARYUSZ - WOLSKI T.: Badania symulacyjne wciągarki hydrostatycznej ze sterowaniem wtórnym. Materiały VI Ogólnopolskiej Konferencji Maszyn Włókienniczych i Dźwigowych. Bielsko - Biała, czerwiec 1993.
- [4] BEDNARSKI S., CINK J.: Kształtowanie toru ruchu ładunku hydraulicznego żurawia portowego ze sterowaniem wtórnym. Materiały II Konferencji Rozwoju Maszyn Pokładowych i Technik Przeładunkowych. Międzyzdroje, 1995.

### THE INFLUENCE OF NETWORK LOAD MANNER ON CONSTANT PRESSURE GENERATOR OPERATION

#### Summary

The paper presents the dynamic model of the constant - pressure generator collaborating with the power receiver. The receiver was simulated as a disturbance issued from different kinds of liquid outlets from the network. The liquid outlet was entered in the shape of specific impulse, rectangular wave and linear. The effect of gain coefficients and time constants of elements of the system on the dynamics of constant - pressure generator was tested. The instantaneous values of the pressure of the net and exceeds of a delivery of a pump were taken into evaluation.